



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA**

**RUANA ARETHA FARIAS SANTIAGO BECKMAN**

**RIQUEZA E DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE MINHOCAS (*Annelida*,  
*Oligochaeta*) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL**

**BELÉM-PA**

**2019**

**RUANA ARETHA FARIAS SANTIAGO BECKMAN**

**RIQUEZA E DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE MINHOCAS (*Annelida*,  
*Oligochaeta*) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Embrapa Amazônia Oriental, para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Sócio-Ambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica-Sócio Ambiental na Amazônia.

Orientadora: Dra. Marlúcia Bonifácio Martins.

Coorientador: Dr. Patrick Marie Lavelle.IRD. Paris.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B393 Beckman, Ruana Aretha Farias Santiago  
Riqueza e dinâmica espaço-temporal de minhocas (*Annelida*,  
*Oligochaeta*) em um fragmento florestal / Ruana Aretha Farias Santiago  
Beckman. — 2019.  
45 f. : il. color.

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Marlúcia Bonifácio Martins  
Coorientador(a): Prof. Dr. Patrick Marie Lavelle  
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade  
Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Fauna de solo. 2. Demografia. 3. *Pontoscolex*  
*corethrurus*. 4. Amazônia. I. Título.

CDD 577.09811

---

RUANA ARETHA FARIAS SANTIAGO BECKMAN

**RIQUEZA E DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE MINHOCAS (*Annelida, Oligochaeta*)  
EM UM FRAGMENTO FLORESTAL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e Dinâmica Sócio-Ambiental na Amazônia.

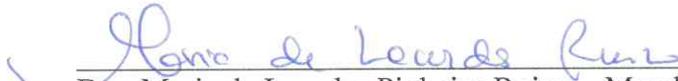
Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica Socio-Ambiental.

Data de aprovação: 02 / 07 / 2019

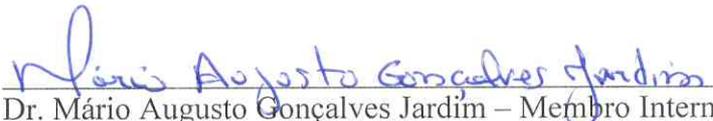
Banca Examinadora:



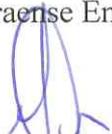
Dra. MarluCIA Bonifácio Martins – Orientadora  
Doutora em Ecologia  
Museu Paraense Emílio Goeldi



Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo – Membro Interno  
Doutora em Agronomia  
Museu Paraense Emílio Goeldi



Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim – Membro Interno  
Doutor em Ciências Biológicas  
Museu Paraense Emílio Goeldi



Dr. Norberto Cornejo Noronha – Membro Externo  
Doutor em Ciências  
Universidade Federal Rural da Amazônia

Dedico este trabalho aos amores da minha vida, à  
minha mãe Rose Farias, Paulo André, Lola e  
Kiara.

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Dra. Marlúcia Martins pela exigência e orientação na realização deste trabalho.

Ao meu coorientador Dr. Patrick Lavelle por todo o ensinamento e orientação sobre as Oligochaeta da Amazônia.

À Universidade Federal do Pará – UFPA, Empresa Brasileira Agropecuária- EMBRAPA e ao Museu Paraense Emílio Goeldi –MPEG, através do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Instituto de Geociências –IG, pela possibilidade dada à elaboração desta dissertação.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa, o que possibilitou todo o trajeto do mestrado e a dedicação para a conclusão deste estudo.

À equipe de pesquisadores de Curitiba, Dr. George Brown (Embrapa solos) e Dra. Marie Bartz (Universidade Positivo), pelo treinamento e auxílio na identificação dos Oligochaeta, e pelo grande aprendizado sobre este universo chamado solo.

À Catarina Praxedes que abriu as portas dos ensinamentos para Oligochaeta.

Ao Dr. Arleu Viana por todo ensinamento e auxílio na estatística.

À coordenação do Programa de Ciências Ambientais, ao Dr. Everaldo Barreiros, à Elisane Gabriel, à Dra. Aline Meiguins e à todos os professores que compõem este programa de mestrado.

À equipe de campo do Museu Goeldi, José Antônio Nunes Pena e Raíssa Hirakawa.

Aos colegas de mestrado, Naila Martins, Áurea Almeida, Eduardo Marinho, Gisele Saraiva, Ana Paula Alencar, Diego Bautista, e a todos aqueles que acompanharam e fizeram parte desse grande aprendizado.

Agradeço principalmente a Deus e a todos os seres celestiais.

*“Agora, pode parecer que você não consegue fazer qualquer coisa, mas é só porque você não é uma árvore ainda. Você só precisa se dar mais tempo, você ainda é uma semente. ”*

*Vida de inseto*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização da área de estudo. Reserva Mocambo, Belém, Pará, Brasil.....	23
Figura 2- Mapa diagramático da Reserva Mocambo e delimitação do sítio de estudo....	23
Figura 3- Coleta do monólito de solo de 50 x 50 e triagem manual de Oligochaeta.....	25
Figura 4- Pluviômetro instalado no sítio de estudo.....	26
Figura 5 - Abundância e densidade de Oligochaeta em cada mês de coleta .....	31
Figura 6 - Diagrama com a disposição dos pontos de coleta no sítio de amostragem e distribuição espacial das espécies de Oligochaeta.....	32
Figura 7 - Média da biomassa de <i>P.corethrurus</i> em cada mês ao longo do período de estudo .....	33
Figura 8 - Abundância adultos <i>P.corethrurus</i> em cada mês ao longo do período de estudo. .....	33
Figura 9 - Abundância de juvenis <i>P.corethrurus</i> em cada mês ao longo do período de estudo.....	33
Figura 10 - Proporção de juvenis da espécie <i>P. corethrurus</i> em cada mês ao longo do período de estudo.....	33
Figura 11 –Densidade de casulos de <i>Pontoscolex corethrurus</i> em cada mês ao longo do período de estudo .....	34
Figura 12 - Fecundidade de <i>P. corethrurus</i> ao longo do periodo de estudo. Cálculo baseado no número de jovens produzidos por adulto a cada mês anterior.....	34
Figura 13 - Distribuição dos Oligochaeta segundo a inferência do modelo GLM .....	35
Figura 14- Modelo GLM para as variáveis ambientais e abundância de <i>P. corethrurus</i> .	35

## RESUMO

A riqueza, distribuição e abundância das espécies de Oligochaeta foram analisadas em relação aos parâmetros ambientais (precipitação interna da floresta, quantidade de serapilheira, textura, pH e umidade do solo) durante 15 meses em uma área localizada na região periurbana do município de Belém, estado do Pará, Brasil, que pertence à empresa estatal da Embrapa Amazônia Oriental com uma área de reserva que corresponde a 2.706 hectares. Neste estudo foram encontradas oito espécies: *Pontoscolex corethrurus*, Müller 1857, quatro espécies ainda não descritas e outras 3 não determinadas devido à falta de caracteres necessários para identificação. A riqueza de espécies encontrada foi aproximadamente similar a outros sítios florestais da Amazonia, no entanto, a maioria das espécies ocorreu em baixa abundância e com distribuição esparsa. Também foi observada baixa diversidade funcional com todas as espécies pertencentes à categoria ecológica endogêicas. No estudo, a espécie predominante foi a *Pontoscolex corethrurus*, que representou 96,94% da densidade total, enquanto as demais somaram 3,06%. *P. corethrurus* foi dominante em todos os pontos e em todos os períodos de coleta. Por esse motivo, foi a única espécie estudada em relação aos atributos do solo e do clima. Neste estudo, sua abundância respondeu significativamente à precipitação interna, enquanto que a quantidade de serapilheira, textura do solo, pH e umidade do solo não apresentaram efeitos consideráveis. A demografia mostrou que esta é uma espécie de Oligochaeta que pode permanecer no solo o ano todo. A espécie também mantém o desenvolvimento contínuo da população com seus casulos produzidos em três meses do ano. Embora o número de espécies detectadas não tenha mostrado redução drástica, a alta dominância de *P. corethrurus*, a baixa diversidade funcional, a raridade e dispersão das distribuições espaço-temporais de espécies nativas oferecem indicações claras de perda de biodiversidade na fauna do solo neste remanescente florestal. Possivelmente isso é acompanhado pela perda das funções do ecossistema do solo, como consequência do isolamento e da urbanização circundante.

Palavras-chave: Fauna de solo. Demografia. *Pontoscolex corethrurus*. Amazônia.

## ABSTRACT

The richness, distribution and abundance of Oligochaeta species were analyzed in relation to environmental parameters (internal forest precipitation, litter quantity, texture, pH and soil moisture) during 15 months in an area located in the peri-urban region of the municipality of Belém, state of Pará, Brazil, that belongs to Embrapa Eastern Amazon state company with a reserve area that corresponds to 2,706 hectares. In this study were found eight species: *Pontoscolex corethrurus*, Muller 1857, four species not been described yet and another 3 not determined due to the lack of characters required for identification. Species richness approached that found in other Amazon forest sites, however, most species occurred in low abundance and with sparse distribution. It was also noted low functional diversity with all species belonging to the endogenous ecological category. In the study, the predominant species was *Pontoscolex corethrurus*, which represented 96.94% of the total density while the others summed up 3.06%. *P. corethrurus* was dominant in all points in the site and in all periods. Because of this, it was the only species studied in relation to soil and climate attributes. In this study their abundance responded significantly to the internal precipitation while litter quantity, soil texture, pH and soil moisture did not show considerable effects. Demographics showed that this is an Oligochaeta species that can remain on the soil all year long. It also maintains continued population development with their cocoons producing in three months of year. Although the number of species detected did not show drastic reduction, the high dominance of *P. corethrurus*, the low functional diversity, the rarity and dispersion of native species spatio-temporal distributions offer clear indications for biodiversity loss in soil fauna in this forest remnant. Possibly this is accompanied by loss of soil ecosystem functions, because of isolation and surrounding urbanization.

Key words: Soil fauna. Demography. *Pontoscolex corethrurus*. Amazônia.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2</b>	<b>PROBLEMA</b>	14
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES</b>	15
<b>4</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b>	16
	4.1 Objetivos Específicos	16
<b>5</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	17
	5.1 Os Oligochaeta e seu papel no ecossistema	17
	5.2 Sensibilidade dos Oligochaeta à umidade	19
	5.3 Demografia e dinâmica das populações de Oligochaeta	20
<b>6</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	22
	6.1 Local de estudo	22
	6.2 Os métodos de extração de Oligochaeta	24
	6.3 Variáveis ambientais	25
	6.3.1 Precipitação interna	25
	6.3.2. Quantidade de liteira	25
	6.3.3. Textura do solo	26
	6.3.4. pH do solo	27
	6.3.5. Umidade do solo	27
<b>7</b>	<b>Análise da influência dos fatores ambientais sobre os Oligochaeta</b>	29
	7.1 Comunidade de Oligochaeta na Reserva Mocambo	29
	7.2 Dinâmica temporal de <i>Pontoscolex corethrurus</i>	31
	7.3 Influência das variáveis ambientais sobre a distribuição espaço-temporal de <i>P. Corethrurus</i>	34
<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	35
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	39
	<b>REFERÊNCIAS</b>	40

## 1 INTRODUÇÃO

As minhocas são classificadas como engenheiras do solo, pois atuam nos seus processos físicos e químicos, desde a quebra de materiais orgânicos até a produção de excrementos ricos em nutrientes, o que facilita a ação dos microrganismos no processo de decomposição da serapilheira e serviços hídricos do solo (LAVELLE *et al.*, 2016).

A atividade das minhocas, mais especificamente a movimentação, influencia a porosidade do solo facilitando a infiltração de água, além de formar uma ampla rede de galerias verticais e horizontais. Após a ingestão as partículas minerais e orgânicas são transformadas em agregados que, ao serem defecados são liberados no solo e favorecem o crescimento das plantas, auxiliando na manutenção da vida no solo (BLOUIN *et al.*, 2013).

Estes organismos são dependentes de fatores ambientais como a umidade e temperatura do solo. Estes fatores ambientais variam e estas variações são mais intensas entre os períodos sazonais. Os organismos do solo desenvolvem estratégias adaptativas para superar as restrições impostas por estas grandes variações. Em períodos de seca suspendem a atividade (quiescência) e reduzem assim a perda de água para sobreviver em solos secos (BRIONES; ÁLVAREZ-OTERO, 2018). Algumas espécies passam a estação de seca enoveladas, dessa forma resistindo a seca (LAVELLE; SPAIN, 2001).

No período chuvoso, a maior umidade e disponibilidade de recursos nutricionais no solo propiciam as atividades das minhocas. Nos estudos de Fragoso; Lavelle (1987), o recurso alimentar foi correlacionado ao padrão sazonal, um fator de instabilidade para essas populações, pois nas florestas tropicais há uma relação entre a estação seca e chuvosa e a produção de matéria orgânica ocasionada pela queda da liteira, que obedece a este padrão estacional.

Como habitantes do ambiente do solo e da liteira, as minhocas enfrentam três grandes restrições; (i) viver de recursos alimentares com relativa baixa qualidade; (ii) sobreviver ocasionalmente à condições microclimáticas adversas; (iii) e se mover através de um ambiente por vezes compacto (LAVELLE ; SPAIN, 2001).

Desta forma suas estratégias adaptativas estão integradas em três categorias ecológicas (BOUCHÉ, 1972, 1977): 1) as epigéicas que vivem na serapilheira e que para balancear a mortalidade utilizam alimento de alta qualidade (liteira) que permitem um crescimento rápido e alta fecundidade (estratégia demográfica r); 2) as anécicas que são responsáveis por criar galerias subterrâneas e desta forma auxiliam nas taxas de água que infiltram no solo. Este

grupo possui um perfil demográfico de vida longa e com baixa mortalidade e fecundidade (estratégia demográfica K); e 3) as espécies endogêicas que comem nas camadas profundas, em um solo organomineral das diferentes camadas do solo, com estratégias demográficas variáveis, em r para as espécies pequenas que vivem perto da superfície do solo e K para espécies de grande tamanho que se alimentam do solo pobre das camadas profundas, aproveitando condições microclimáticas mais estáveis que limitam a mortalidade. As espécies endogêicas não formam galerias permanentes, mas são os principais agentes de agregação do solo e de estabilização da matéria orgânica do solo. O perfil demográfico neste grupo varia entre as espécies, pois podem se adaptar as condições diversas (LAVELLE; SPAIN, 2001).

De um modo geral as minhocas são muito sensíveis a umidade. Isso resulta em um alto risco, em caso de eventuais períodos de secas prolongadas, como previstos pelos modelos de mudanças climáticas (IPCC, 2014). Neste caso, as comunidades de minhocas podem ser altamente afetadas em seus níveis de atividade e a própria composição da comunidade pode ser alterada (NIELSEN, 2019). Como consequência, os serviços ambientais do solo providos por estes organismos podem ser reduzidos ou até mesmo perdidos (PARRON *et al.*, 2015).

As minhocas também são muito sensíveis a perturbações e mudanças na cobertura vegetal. O desmatamento, mesmo que parcial das florestas primárias, pode favorecer a entrada de espécies invasoras e a eliminação da fauna local que se desenvolveu sob as condições muito estáveis da floresta primária (FRAGOSO *et al.* (1999).

Este estudo diz respeito a um remanescente de floresta amazônica peri urbana cidade de Belém. Esta floresta sofreu distúrbios significativos por consequência de seu isolamento que levou ao aumento substancial da taxa de mortalidade de árvores e baixo recrutamento (FAGUNDES *et al.*, 2016), além da intensificação das atividades de caça que excluíram localmente várias espécies de vertebrados (FERREIRA *et al.*, 2017).

Neste remanescente florestal verificamos a hipótese de que esses distúrbios facilitaram a entrada de espécies invasoras e o desaparecimento de espécies nativas. A análise das mudanças populacionais ao longo de um ciclo anual pretende identificar como as diversas espécies encontradas se adaptam à estação seca que ocorre no meio do ciclo.

## **2 PROBLEMA**

A resistência e resiliência das minhocas as perturbações do ecossistema e ciclo sazonal dependem das estratégias destas espécies em condições naturais para enfrentar as adversidades climáticas.

### **3 HIPÓTESES**

H1. A perturbação da floresta primária amazônica reduz a riqueza e favorece a entrada de espécies invasoras.

H2. A variação nas chuvas e umidade do solo ao longo do ano influencia a densidade e os parâmetros demográficos (proporção de adultos, jovens e casulos). O período de menor pluviosidade reduz a biomassa e a fertilidade e aumenta a mortalidade.

H3. As espécies variam em sua distribuição de abundância no espaço e no tempo em função dos parâmetros ambientais (quantidade de liteira, textura e pH do solo, quantidade de chuva interna e umidade do solo).

## **4 OBJETIVO GERAL**

Analisar as comunidades de minhocas e mensurar o efeito dos parâmetros físico-químicos, climáticos e nutricionais sobre a distribuição das populações no espaço e no tempo.

### **4.1 Objetivos Específicos**

- Caracterizar a comunidade de minhocas em relação a composição e riqueza de espécies.
- Descrever a dinâmica das populações ao longo do período de estudo.
- Estabelecer o efeito da chuva interna, umidade do solo, pH, textura e quantidade de serapilheira sobre a dinâmica espaço-temporal das minhocas.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Os Oligochaeta e seu papel no ecossistema

As minhocas são invertebrados pertencentes ao Filo Annelida, classe Clitellata, subclasse Oligochaeta (WEIGERT; BLEIDORN, 2016). São importantes organismos que compõem a macrofauna do solo e seu tamanho corporal pode variar de poucos milímetros até 2 metros. Porém, em sua maioria, as espécies apresentam tamanho variando entre 5 a 15 centímetros (LAVELLE; SPAIN, 2001).

As minhocas são consideradas organismos engenheiros dos ecossistemas pois participam ativamente no desenvolvimento e manutenção do solo. As atividades das minhocas levam à criação de estruturas biogênicas (galerias, túneis e excrementos ricos em nutrientes), que modificam as propriedades físicas e químicas do solo. Esta atividade permite a movimentação de partículas tanto na direção vertical como horizontal, formando agregados e aumentando a porosidade, aeração, infiltração e drenagem no solo (BOTTINELLI *et al.*, 2015). Além disso, ajudam na fertilidade devido a mistura do solo com a matéria orgânica de seus excrementos, garantindo a disponibilidade de recursos para outros organismos (BLOUIN *et al.*, 2013).

As minhocas constituem até 80% da biomassa de fauna do solo na maioria dos ecossistemas tropicais (DECAËNS *et al.*, 2004). Estes organismos edáficos habitam camadas superficiais, geralmente até 30 centímetros de profundidade no perfil do solo (BUCH ; BROWN, 2010).

As comunidades locais de minhocas raramente compreendem mais de 8 ou 10 espécies e não há mudanças marcantes na riqueza local ao longo dos gradientes latitudinais (LAVELLE; SPAIN, 2001). As diferenças nas densidades populacionais de minhocas são correlacionadas com a heterogeneidade em relação as propriedades do solo, como textura e microtopografia (KAMAU *et al.*, 2017). Interações simultâneas entre estas fontes de variação podem levar a comunidades composta por poucas ou grande número de espécies e diferentes valores de densidade populacional e biomassa (RHEA-FOURNIER; GONZÁLEZ, 2017).

A pouca riqueza local de espécies de minhocas é considerada resultante da grande plasticidade funcional dentro das populações, o que confere a estas comunidades resistência e resiliência (LAVELLE; SPAIN, 2001). Esta plasticidade funcional é resultante das pressões seletivas para se adaptar a ambientes muito variáveis. Estas adaptações propiciam um sistema para suportar variações quando submetido a uma alteração ambiental o que é chamado de

resistência (BEEVER *et al.*, 2017). A resiliência é conhecida como a “elasticidade” de ecossistemas ou comunidades quanto a capacidade de retornarem a seu estado original após uma mudança ter ocorrido devido a distúrbios ambientais com grandes variações ou atividades humanas (BEEVER, 2017). Dessa forma, a resistência é conferida pela plasticidade fisiológica das espécies enquanto a resiliência resulta da variabilidade populacional. As comunidades de minhocas possuem diversidade funcional que aumenta latitudinalmente com a temperatura. Esta diversidade é resultante das categorias ecológicas nutricionais e da maior heterogeneidade de seus habitats (BUCHHOLZ *et al.*, 2017).

As categorias nutricionais das minhocas abrangem dois grandes grupos: as detritívoras e as geófagas. As detritívoras são aquelas que se alimentam próximo a superfície do solo ingerindo serapilheira, raízes de plantas mortas e outros resíduos vegetais (BLOUIN *et al.*, 2013) e as geófagas alimentam-se no subsolo, ingerindo restos orgânicos, dispersos entre as partículas minerais do solo (CHATELAIN; MATHIEU, 2017).

As minhocas presentes em uma localidade variam muito em tamanho e diâmetro. Esta variação corresponde a distintas habilidades em suas estratégias de alimentação, adaptação ao habitat e tolerância aos níveis de variação (BRIONES; ÁLVAREZ-OTERO, 2018). De um modo geral o tamanho define a extensão das atividades dos indivíduos (alimentação e escavação) e sua contribuição em termos da modificação das propriedades do solo (LAVELLE *et al.*, 2016). Segundo Bouché (1972, 1977), as minhocas podem ser caracterizadas por três categorias ecológicas:

**Epígeas:** Vivem na serapilheira e nos solos orgânicos suspensos nas copas das árvores, são nutridas por matéria orgânica em etapas primárias ou intermediárias de decomposição. São menores que 10 centímetros e altamente pigmentadas, seus excrementos são altamente orgânicos.

**Endogéicas (endógeas):** São aquelas que habitam o interior do solo e se alimentam de matéria orgânica, formando uma relação mutualística com os microorganismos na sua digestão e geram excrementos minerais enriquecidos de matéria orgânica. São minhocas despigmentadas e possuem tamanho maior que 15 centímetros. Este grupo inclui a maior parte das espécies conhecidas no mundo e são responsáveis por grandes modificações físicas no solo e na disponibilidade de recursos (CHATELAIN; MATHIEU, 2017).

**Anécicas:** Geralmente são de tamanho grande, maior que 30 centímetros, conhecidas como “minhococos”. Se alimentam da liteira do solo, são pigmentadas, criam galerias verticais e permanentes no solo, e se nutrem de matéria orgânica em estágios intermediários

de decomposição (BOUCHÉ, 1972, 1977).

O padrão ecológico da vida das minhocas se reflete em distintas categorias ecológicas e efeitos ambientais das espécies sobre o ecossistema (LAVELLE *et al.*, 2016). Desta forma, o estudo sobre a diversidade de minhocas em determinado ambiente proporciona a percepção de como os fatores ambientais e as alterações da atividade destes indivíduos influenciam o solo.

## 5.2 Sensibilidade das *Oligochaeta* à umidade

A quantidade de água afeta fortemente as atividades biológicas do solo e a maioria dos processos físico-químicos que ocorrem neste sistema. As minhocas de menor porte lidam melhor com extremos de umidade e temperatura, embora sejam menos capazes de usar recursos orgânicos de baixa qualidade e modificar seu ambiente, diferentemente dos animais maiores que fazem melhor uso dos alimentos de baixa qualidade, mas, estão mal adaptados às condições ambientais extremas (LAVELLE & SPAIN, 2001).

A maior parte das espécies de minhocas estão adaptadas ao teor de umidade do solo em que vivem, mas respondem de maneira diferente pelo excesso ou falta de água (COLEMAN *et al.*, 2018). Fisiologicamente as minhocas terrestres se comportam como animais de água doce: o teor de água em seu corpo é elevado, varia de 74- 85% do peso total, sua respiração é cutânea e se processa em toda a superfície do corpo, necessitando de uma película de água circundante (BRIONES & ÁLVAREZ-OTERO, 2018).

Dessa forma, era de se esperar que as minhocas vivessem em ambientes muito úmidos. Contudo, a maioria das espécies de minhocas terrestres evita o excesso de água porque esta entra por difusão através da pele, dilui os líquidos do corpo e sua quantidade é mal regulada pela ação dos nefrídios e do intestino (COLEMAN *et al.*, 2018).

As minhocas respondem à alta umidade ou a pouca umidade no solo, isto é, durante inundações ou secas. Nas florestas de terra firme, quando o habitat das minhocas é inundado por excesso de chuva, algumas espécies permanecem submersas, outras migram na horizontal, algumas até chegam a subir nas árvores, e outras vão para a superfície do terreno, locomovendo-se ao acaso (RIGHI, 1989).

Na época seca a primeira reação das minhocas é encontrar ambientes úmidos, cavando o seu caminho na horizontal acompanhando o lençol freático (RIGHI, 1989). Quando estes organismos não conseguem resistir a seca, entram em estado de suspensão ou redução da atividade (anidrobiose) e reduzem a perda de água (aquiescência) (BRIONES; ÁLVAREZ-OTERO, 2018). Grandes organismos como as minhocas, não sobrevivem por muito tempo

em solos muito secos devido a seus mecanismos de retenção de água serem pouco desenvolvidos na maioria dos casos (LAVELLE; SPAIN, 2001).

### 5.3 Demografia e dinâmica das populações de minhocas

As espécies de minhocas, de um modo geral, se reproduzem uma vez ao ano. Possuem fecundidade altamente variável pela sua dependência na umidade do solo e matéria orgânica que favorecem o crescimento e a reprodução. As espécies tropicais apresentam as menores fecundidades em relação as de outras regiões. Produzem 1 a 15 casulos por ano por indivíduo, com a exceção de espécies partenogênicas como *Pontoscolex corethrurus* que em condições de laboratório, um adulto pode produzir até 145 casulos por ano (BHATTACHARJEE; CHAUDHURI, 2002; GARCÍA; FRAGOSO, 2002).

A capacidade de multiplicação de indivíduos, se dá por duas formas, estratégias k e r, espécies estrategistas r geralmente produzem descendentes de tamanho pequeno, porém numerosos, independentemente do tipo de distúrbio no ambiente e em situações de perturbação, seu maior investimento energético está na reprodução (TOWNSEND, 2010). As estrategistas k geram uma prole pequena, mas de tamanho corporal maior. Estas populações despendem maior parte de suas vidas em processo de crescimento (TOWNSEND, 2010).

As minhocas, de acordo com a sua idade e categoria ecológica possuem estratégias diferenciadas de demografia e dinâmica populacional. Segundo Lavelle; Spain (2001), as minhocas adultas vivem no solo mais profundo do que os jovens, e ingerem menos solo, logo, os jovens se alimentam mais de matéria orgânica de melhor qualidade facilitando seu crescimento e reduzindo mortalidade. Entre as categorias ecológicas se distinguem as epigéicas que equilibram a sua mortalidade por se alimentarem da liteira (BOUCHÉ, 1972, 1977). Isto lhes permite um crescimento rápido e alta fecundidade (estratégia r); as anécicas possuem um perfil demográfico de vida longa e com baixa mortalidade e fecundidade (estratégia demográfica K) e as espécies endogéicas se nutrem nas camadas profundas, por partículas minerais, apresentam estratégias demográficas variáveis, em r para as espécies pequenas que vivem mais perto da superfície do solo e K para as espécies maiores, que se alimentam do solo pobre das camadas profundas, aproveitando condições microclimáticas mais estáveis que limitam a mortalidade (BOUCHÉ, 1972, 1977). O perfil demográfico neste grupo varia entre as espécies pois podem se adaptar às condições diversas (LAVELLE; SPAIN, 2001).

A sazonalidade do clima nas regiões tropicais afeta as minhocas por ocasionar

períodos extremos de seca ou chuvas torrenciais, o que vem sendo exacerbado em consequência de mudanças no clima (BEEVER *et al.*, 2017). Neste caso, espécies com menor resistência ou baixa resiliência a tais variações podem reduzir muitas suas populações nestes períodos, tornando-se inviáveis (BRASIL, 2015).

Mesmo sem alterações extremas, cada estação seca causa mortalidade significativa nas espécies, especialmente em adultos (TAHERI *et al.*, 2018). A população sobrevive na forma de enovelados (casulos) ou indivíduos jovens (TAHERI *et al.*, 2018). Esses indivíduos levarão algum tempo, de algumas semanas a vários meses, antes de chegarem ao estágio adulto e se reproduzirem (BUCH; BROWN, 2010).

Uma minhoca adulta é reconhecida pela presença de um órgão denominado clitelo que é um espessamento glandular, superficial de posicionamento variável nos segmentos do corpo. O clitelo é responsável pela produção de casulos e onde são postos os ovos (RIGHI, 1989). Estudos com minhocas tropicais têm mostrado que elas chegam a ser adultas entre 3 e 10 meses após o nascimento em sua maioria e apresentam uma forte mortalidade na estação seca (ORTIZ-CEBALLOS, 2019).

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

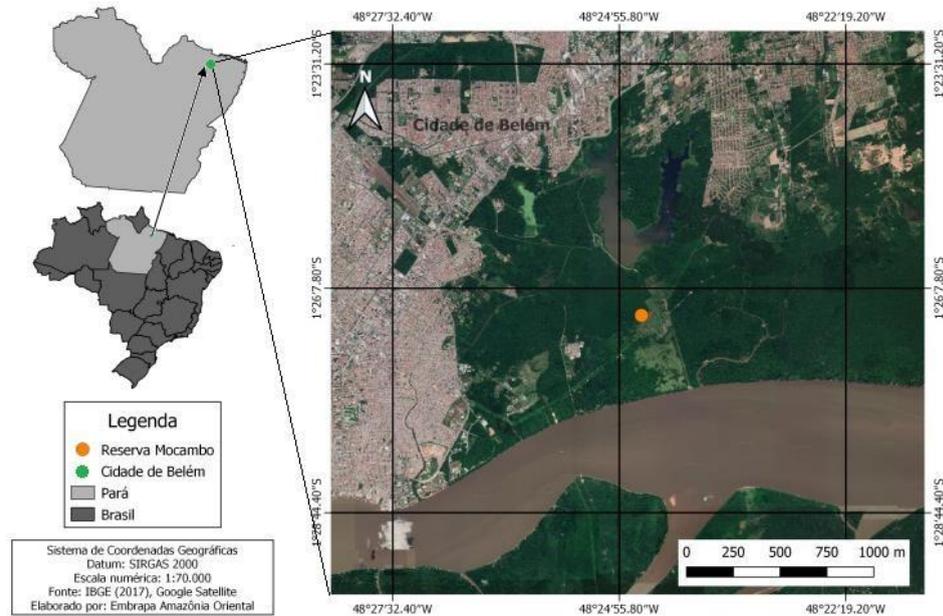
### 6.1 Local de estudo

A pesquisa foi realizada na reserva Mocambo (1°26'26,7"S e 48°24'40,5"W), que corresponde a um remanescente de floresta ombrófila densa de terra firme, de aproximadamente 5,7 hectares, contornada por uma região defloresta periodicamente inundada (igapó), localizada no município de Belém, Pará, Brasil (Figura 1) (PIRES; SALOMÃO, 2007). A área da reserva Mocambo exibe características típicas da Floresta Amazônica, com clima quente e úmido, elevado índice de chuvas e a flora e fauna típicas da região (PIRES; SALOMÃO, 2007).

A ocorrência do regime de chuvas na reserva apresenta dois períodos: chuvoso, ocorrendo de dezembro a julho apresentando pluviosidade média de 171,83 mm; e menos chuvoso, ocorrendo de agosto a novembro apresentando pluviosidade média de 129,25 mm, caracterizando uma redução de cerca de 30% de chuva no período menos chuvoso (BASTOS *et al.*, 2007; MONTEIRO *et al.*, 2005). Segundo o Anuário do Município de Belém (2011), está na zona climática Af<sub>i</sub> (classificação de Köppen), que coincide com o clima de floresta tropical, permanentemente úmido, com ausência de estação fria e temperatura do mês menos quente, acima de 18°C.

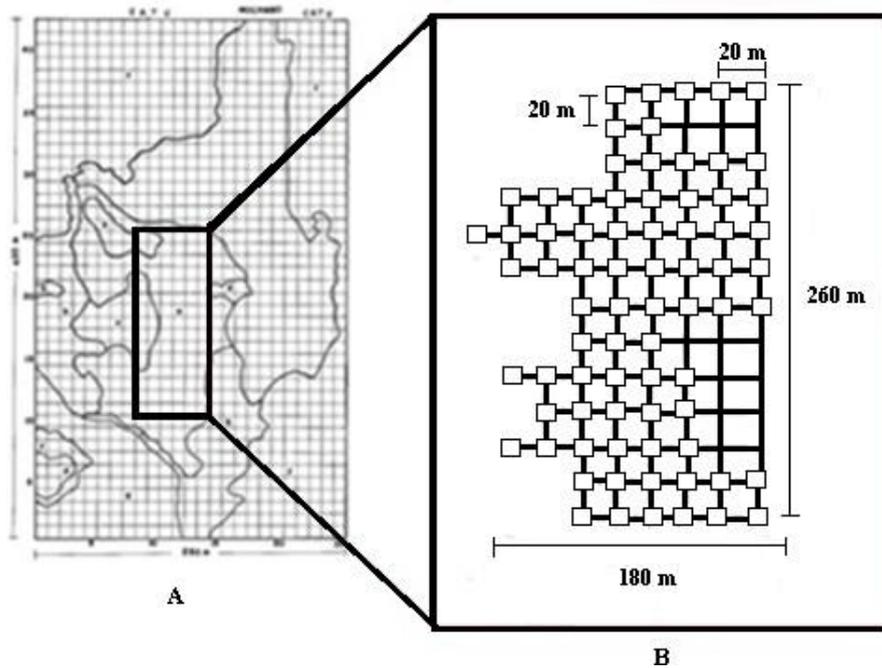
As coletas foram realizadas mensalmente entre agosto de 2017 e outubro de 2018, totalizando 15 meses. Este ciclo cobriu o período menos chuvoso, chuvoso e suas transições. Os meses de agosto a outubro (menos chuvosos) foram amostrados nos dois anos. A amostragem foi realizada em uma área de 180 x 260 metros onde foram fixados pontos distantes entre si a cada 20 metros, totalizando 75 pontos (Figura 2), alguns pontos foram substituídos em relação ao planejamento original devido a impedimento de árvores ou por áreas inundadas (igapós). Lavelle *et al.* (2003) recomenda uma distância entre os pontos de coleta em pelo menos 20 m, devido à autocorrelação detectada entre os pontos de amostragem espaçados em distâncias menores. A cada mês, 5 destes pontos foram sorteados, sem repetição do ponto já amostrado. Cada expedição mensal teve a duração de 5 dias, de modo que a cada dia foi trabalhado um ponto de coleta.

Figura 1- Localização da área da Reserva do Mocambo em Belém, Pará.



Fonte: (IBGE, 2010).

Figura 2- Mapa diagramático da reserva Mocambo mostrando o contorno da área de terra firme. Delimitação da parcela de estudo e visão ampliada da parcela demonstrando a distribuição dos 75 pontos amostrais



Fonte: (PIRES; SALOMÃO, 2007).

## 6.2 Os métodos de extração de Oligochaeta

Nos pontos de coleta a extração das minhocas foi feita com o método desenvolvido pelo programa de biologia e fertilidade dos solos tropicais (TSBF), da UNESCO (ANDERSON; INGRAM, 1993) (Figura 3). Este é o método mais comumente utilizado para coleta de macrofauna edáfica agora certificado como ISO 23611-5. Foi utilizado um quadrado de ferro (50 cm x 50 cm x 10 cm), extraindo-se primeiro a liteira e depois os monólitos nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. Tanto a serapilheira como os monólitos foram vistoriados manualmente, ainda no campo, em busca de minhocas jovens e adultas.

Ao lado do quadrado de ferro de 50 x 50 x 10 cm foi utilizado outro quadrado de ferro menor (20 x 20 cm x 10 cm), com a finalidade de obter serapilheira e monólitos nas mesmas profundidades para a extração de casulos e minhocas pequenas através do método de lavagem, descrito a seguir. O solo foi levado ao laboratório em recipientes hermeticamente fechados, onde o mesmo foi lavado e passado em uma peneira de 2mm e posteriormente outra de 1mm, para total separação dos casulos e minhocas. O método de lavagem é complementar à extração de Oligochaeta pelo método TSBF. As minhocas encontradas na serapilheira e em todos os monólitos foram acondicionadas em recipientes e etiquetadas indicando o ponto, monólito e camada de origem, e fixados em álcool a 96%.

No laboratório as minhocas passaram por uma primeira triagem onde foram separados os juvenis e adultos. Os adultos foram identificados em nível de espécie pelo exame das características externas e internas e com base em literatura especializada (RIGHI, 1982; FEIJOO; GIL, 2010; SANTOS *et al.*, 2017; HAMOUI; DONATELLI, 1983) e avaliadas juntamente com o especialista durante visitas realizadas a Universidade Positivo em Curitiba.

As espécies não identificadas foram morfotipadas com base em características taxonomicamente relevantes. Cada indivíduo fixado foi pesado e medido em seu comprimento total. Somente uma espécie pôde ser identificada nas fases juvenis e adultas. Para esta espécie a fertilidade foi calculada com base na razão entre o número de jovens da primeira classe de tamanho encontrados em cada mês e o número de indivíduos adultos coletados no mês anterior (LAVELLE, 1978).

Figura 3- Coleta do monólito de 50 x 50 e triagem manual de minhocas. Foto: Raissa Yukari, 2017.



## 6.3 Variáveis ambientais

### 6.3.1. Precipitação interna

A precipitação interna da floresta foi medida com as instalações de pluviômetros artesanais de garrafa pet nos 5 pontos sorteados durante cada semana do mês quando houve extração de minhocas. A água acumulada no pluviômetro foi coletada a cada 24 horas, as 9 horas (12 UTC). A organização meteorológica mundial (OMM) preconiza que as observações meteorológicas sejam realizadas em horários simultâneos no tempo médio de Greenwich (UTC), assim a leitura coincidiu com o horário diário de coleta de dados de chuva do INMET.

Os pluviômetros artesanais foram confeccionados com um tubo PVC de 35 cm de comprimento e 14,5 cm de diâmetro, acoplado na parte superior, a base do pluviômetro é composta por uma garrafa pet, e uma torneira (registro de esfera PVC). Os pluviômetros foram instalados e acoplados a uma vara de madeira com 1,50 m de altura acima do solo para medir a precipitação interna (Figura 4) (PANTOJA, 2016). A precipitação foi coletada e medida primeiramente em mililitro (ml) e depois transformada em milímetros (mm) através da Equação:  $h = V/S$  onde  $h$  é a quantidade de precipitação total (mm);  $V$  é o volume de água coletada (ml) e  $S$  é a área de captação do pluviômetro (FERREIRA *et al.*, 2005).

Figura 4 - Pluviômetro instalado na área de coleta. Foto: Ruana Beckman,2018



### 6.3.2. Quantidade de Liteira

A liteira foi retirada na área delimitada por um quadrado de ferro de 20 x 20 cm x 10 cm de cada ponto. Foi armazenada e levada ao laboratório e pesada em balança analítica. Depois, cada amostra foi transferida para a estufa a 120° C por 24 horas e pesados novamente, assim, analisando o peso seco da liteira (EMBRAPA, 2017).

### 6.3.3. Textura do solo

A textura do solo foi mensurada simultaneamente para todos os 75 pontos amostrados na área. A coleta do solo para tal propósito foi realizada em outubro de 2018. O trado holandês foi utilizado para coletar 100 gramas de solo em profundidade de até 10 cm, em cada ponto. Estas amostras foram levadas individualizadas ao laboratório e analisadas conforme procedimentos laboratoriais preconizados pela EMBRAPA (2017). Foram pesadas 20 gramas de cada amostra, transferindo estas para a garrafa de um dispersor de solo por meio de um funil, em seguida foram adicionados 100ml de água destilada e 10 ml de solução de hidróxido de sódio (1 mol). Após isto, foi deixado em repouso durante 24 horas. No dia seguinte a solução foi agitada no dispersor de solos durante 15 minutos, e depois passadas por peneiras de 0,212 milímetros e 0,053 milímetros. Em seguida se processou a separação de frações de argila, silte e areia por peneiramento e sedimentação. Foi realizada a medição das frações separadas por meio de pesagem. A textura foi determinada por percentuais de areia, silte e argila através de cálculos explicitados abaixo (EMBRAPA, 2017):

Teor de argila = [argila (g) + dispersante (g)] – dispersante (g) x 1.000 Teor de areia fina =

areia fina (g) x 50

Teor de areia grossa = [areia fina (g) + areia grossa (g)] – areia fina x 50 Teor de silte =  
1.000 – [argila (g) + areia fina (g) + areia grossa (g)].

#### 6.3.4. pH do solo

Para a determinação do pH, as amostras de 20 gramas de solo foram coletadas de cada ponto e o pH foi determinado pelo pH-metro. O seguinte processo foi aplicado para a obtenção da medida de acidez: Foram colocados 10 ml de solo no becker de 100 ml, sendo adicionados posteriormente 25 ml (água, KCl 1N ou CaCl<sub>2</sub> 0,01 M), posteriormente a amostra foi agitada com bastão de vidro e deixada em repouso durante uma hora, após isso a amostra foi agitada novamente com bastão de vidro e os eletrodos mergulhados na suspensão homogeneizada (EMBRAPA, 2017).

#### 6.3.5. Umidade do solo

A umidade do solo foi mensurada para cada ponto de coleta no mesmo dia da extração das minhocas. Para tal foram coletadas amostras de 100 gramas de solo, usando trado holandês (SANTOS et.al., 2005), em 3 pontos ao lado do TSBF, em todas as profundidades. O solo proveniente de cada coleta foi armazenado, separadamente em saco plástico. Os solos provenientes de todas as profundidades dos pontos foram levados ao laboratório e pesados em balança analítica. Depois, foram transferidos para a estufa a 120° C por 24 horas e pesados novamente. A diferença entre o peso úmido e seco corresponde ao teor de umidade do solo. Para cada ponto e profundidade coletada foi considerada a média dos 3 pontos ao lado de extração de solo com o trado. A determinação da umidade do solo (EMBRAPA, 2017) foi realizada pela seguinte equação: Umidade = 100 (a - b) / b onde a = peso da amostra úmida (g); b = peso da amostra seca (g).

### 6.4 Análise da influência dos fatores ambientais sobre os Oligochaeta

Antes de criar os modelos para fazer as inferências a respeito da influência das variáveis ambientais sobre a distribuição espaço-temporal dos Oligochaeta, foi realizada a exploração dos dados para melhorar as estimativas geradas e diminuir a probabilidade de erros de tipo II (ZUUR *et al.*, 2009) realizou-se uma análise de correlação cruzada entre todas as variáveis respostas (abundância, biomassa acumulada e comprimento médio de *P. corethrurus*) e explicativas (biomassa da liteira, pluviosidade e umidade do solo, pH e granulometria do solo). Para verificar como fatores climáticos, físico-químicos e nutricionais do solo afetam a distribuição de minhocas no presente estudo, foi utilizada a abordagem de inferência por múltiplos modelos (multi-models inference) com base no critério de

informação de Akaike (BURNHAM *et al.*, 2011). Essa abordagem tem algumas vantagens quando comparada a outros métodos mais usuais (exemplo: abordagem frequentista), uma vez que ela pode ser usada para identificar um único melhor modelo, ou ser usada para fazer inferências baseadas em suporte ponderado de um conjunto de modelos concorrentes (BEIER *et al.*, 2001). Para isso foi criado um modelo global, o qual contém a variável resposta seguida das variáveis explicativas:

$y \sim$  biomassa da liteira + pH + umidade + pluviosidade + % de areia + % de argila;

Sendo,  $y$  a variável resposta do modelo (abundância ou comprimento médio da espécie).

Os modelos foram submetidos a seleção de modelos e o ajuste e complexidade dos melhores modelos foram medidos usando o Critério de Informação de Akaike de segunda ordem (AICc) ou modificado para dados de contagem sobre dispersos (QAICc) quando necessário. Após a seleção de modelos, o modelo médio (model averaging approach) foi empregado para levar em consideração a incerteza na seleção do modelo e assim obter estimativas ou previsões robustas dos parâmetros. A inferência sobre a existência do efeito da variável explicativa sobre a abundância e o comprimento médio das minhocas foi feita com base na diferença relativa do critério de informação de Akaike entre os modelos ( $\Delta$ AICc < 2). Além disso, as estimativas dos coeficientes médios que não incluíram zero dentro do intervalo de confiança e a importância relativa da variável >60% acrescentaram mais critérios nas inferências. Uma partição hierárquica das variáveis foi também realizada para obter informações da porcentagem de explicação de cada variável dentro da variância total existente. Todas as análises foram feitas no software R (R CORE TEAM, 2019) e na seleção de modelo foi utilizado o pacote MuMIn (BARTON, 2019) e para a partição hierárquica o pacote hier.part (WALSH; MAC NALLY, 2013).

## 7 RESULTADOS

### 7.1 Comunidade de Oligochaeta da Reserva Mocambo

No total foram identificadas 8 morfoespécies de minhocas, todas endógeas. Destas 8, quatro são espécies novas para a ciência. Elas pertencem as famílias Ocnodrilidae (*R20181* sp1) e Glossocolecidae (*R20182* sp1 *R20183* sp2 e *R20184* sp3) Três morfoespécies só puderam ser identificadas a nível de família (*R20185*, *R20186* e *R20187*), em função da falta de caracteres necessários a identificação (juvenis), e a espécie predominante foi a espécie *Pontoscolex corethrurus* da família Glossocolecidae. A tabela 1 apresenta a relação das morfoespécies distinguidas neste estudo, sua caracterização morfológica e filiação taxonômica.

Tabela 1 – Caracterização das morfoespécies de Oligochaeta encontradas no estudo em termos do grupo ecológico e caracteres reprodutivos.

Espécie	Família	Tipo Ecológico	Medida (cm)	Posição do Clitelo	Posição das Espermatecas
<i>P. corethrurus</i>	Glossocolecidae	Endogea	3,5	XV-XVI	VII,VII,IX
<i>R20181</i> sp.n1	Ocnodrilidae	Endogea	4	XIV-XX	VI,VII,VIII
<i>R20182</i> sp.n 1	Glossocolecidae	Endogea	7	XVI-XXIII	VII,VIII,IX
<i>R20183</i> sp n.2	Glossocolecidae	Endogea	11,5	XVI-XXIII	VII,VIII,IX
<i>R20184</i> sp n.3	Glossocolecidae	Endogea	9	XVI-XXI	IX
<i>R20185</i>	Rhinodrilidae/Glossocolecidae	Endogea	3	Juvenil	VII,VIII,IX
<i>R20186</i>	Rhinodrilidae	Endogea	7	Juvenil	VII,VIII,IX
<i>R20187</i>	Ocnodrilidae	Endogea	4	Juvenil	VI,VII,VIII

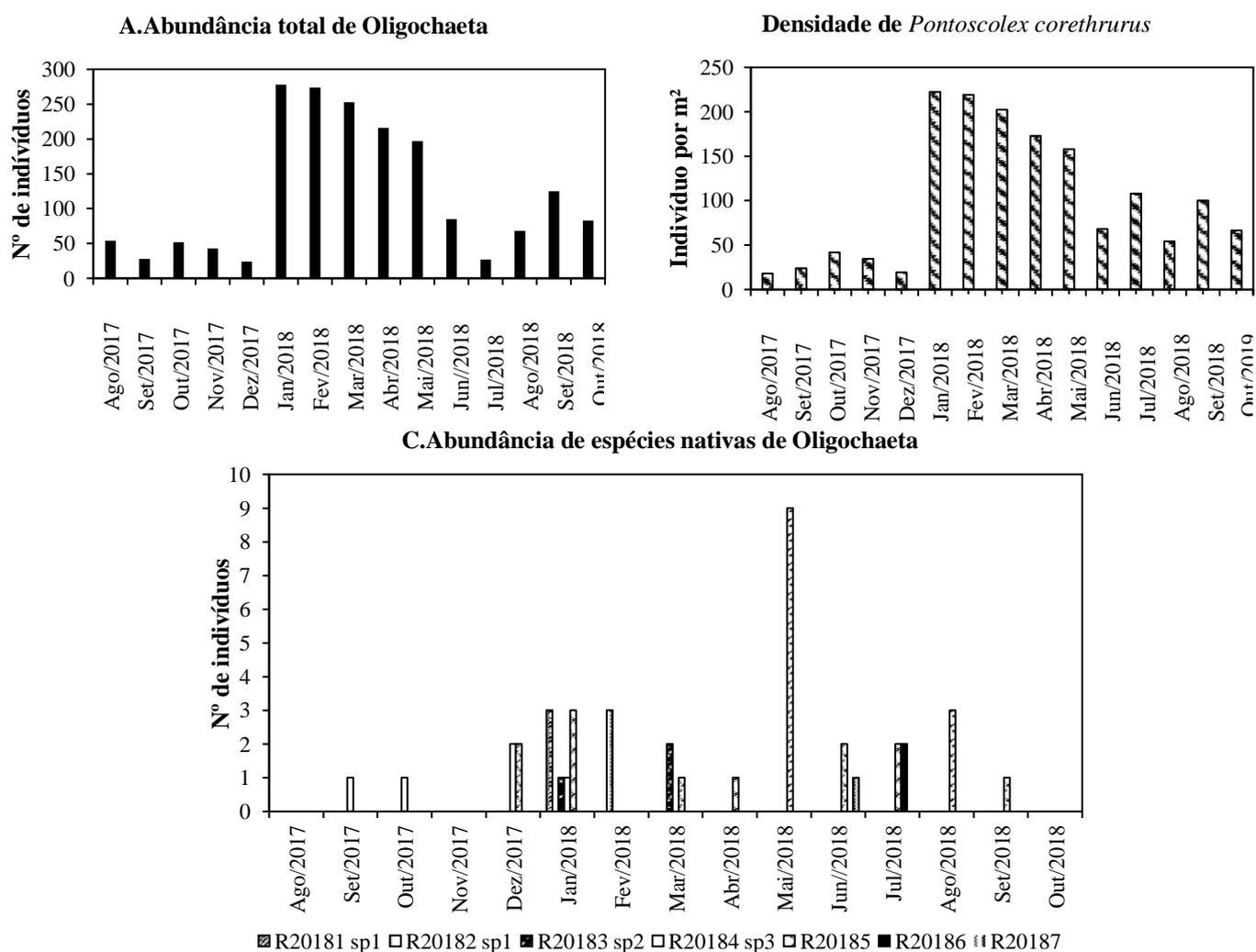
A variação na ocorrência e abundância das espécies (morfoespécies) ao longo do período de estudo está expressa na figura 5. O total acumulado dos 15 meses para todos os Oligochaeta foi de 1.807 indivíduos coletados. A figura 5A, expressa a variação mensal no número de indivíduos ao longo do período de estudo e demonstra que estes ocorreram em maior abundância nos meses de janeiro a maio de 2018 com maior redução nos meses de agosto a outubro em ambos os anos.

A figura 5B mostra a variação de densidade da espécie dominante *P. corethrurus*. Para esta espécie os valores de densidade variaram entre 18 a 222,4 indivíduos por m<sup>2</sup> dependendo do período do ano. As maiores densidades ocorreram no mês de janeiro e decresceram gradativamente no período menos chuvoso. As densidades observadas em 2017

foram inferiores a 2018. O valor médio de densidade na área para todo período foi de 100 indivíduos por m<sup>2</sup>.

A figura 5C mostra a variação de abundância das demais morfoespécies ao longo do período. Quatro delas ocorreram uma única vez: (*R20181 sp1*, *R20182 sp1*, *R20186* e *R20187*). Uma ocorreu em duas ocasiões no período chuvoso (*R20183 sp2*) e uma ocorreu em 4 meses entre setembro de 2017 e janeiro de 2018 (*R20184*). Os jovens identificados como *R20185* ocorreram ao longo de quase todo ano (exceto fevereiro, setembro, outubro e novembro).

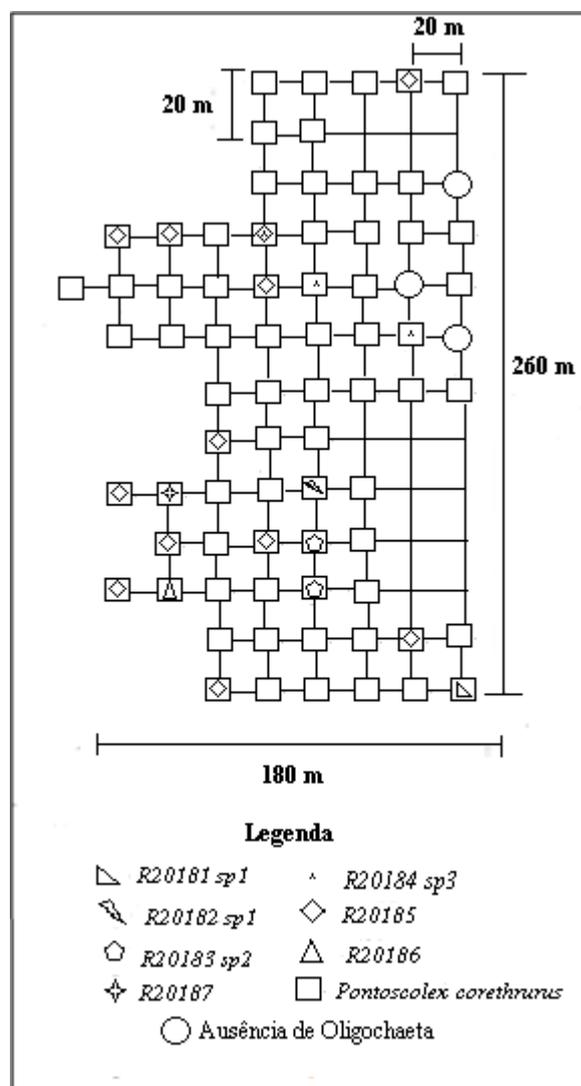
Figura 5 - Abundância de Oligochaeta em cada mês de coleta A) total de Oligochaeta B) *Pontoscolex corethrurus* C) espécies de Oligochaeta.



A distribuição espacial da ocorrência das espécies está apresentada no diagrama da Figura 6. A distribuição das espécies de minhocas nos pontos de coleta foi dispersa. Exceção pode ser notada para *Pontoscolex corethrurus* presente na maioria dos pontos de coleta, com exceção de três pontos coletados em agosto e setembro de 2017 onde não ocorreu nenhum Oligochaeta. Esta espécie obteve presença de 61% no estrato de 0-10 cm, enquanto que nos

demais estratos de 10-20 obteve 24% de presença e em 20-30 cm com 14%, notando que a espécie independente do período preferiu o estrato superior. Outra minhoca que apresentou distribuição por toda a área foi a morfoespécie *R20185*, porém ela só ocorreu em 13 dos 75 pontos amostrados. As demais mostraram-se muito mais restritas: *R20184* ocorreu em 4 pontos, mas todos vizinhos entre si, *R20183 sp2* em 2 pontos também vizinhos e as demais em apenas em um ponto dentro da área.

Figura 6 - Diagrama com a disposição dos pontos amostrais e a distribuição espacial da espécie *P. corethrurus* e demais morfoespécies de Oligochaeta.



## 7.2 Dinâmica temporal de *Pontoscolex corethrurus*

Devido a baixa frequência e abundância das demais, somente a *P. corethrurus* foi analisada em relação a dinâmica espaço temporal. A biomassa de todos os indivíduos (juvenis e adultos) expressa a forma como *P. corethrurus* utilizou os recursos orgânicos para a sua

sobrevivência ao longo do período de estudo. Os maiores pesos foram alcançados entre janeiro a abril. Apesar de, em setembro de 2017 ter-se observado um aumento de biomassa. (Figura 7).

Foram consideradas 3 fases de desenvolvimento para *P. corethrurus*: adultos, jovens e casulos. O número de indivíduos das três fases de desenvolvimento variou ao longo do período de estudo. Em agosto e outubro de 2017 os adultos estiveram totalmente ausentes. Ocorreram dois picos no número de adultos: um em abril e outro em outubro de 2018 (Figura 8).

A maior abundância de indivíduos juvenis ocorreu no período chuvoso, de janeiro a maio de 2018, reduzindo gradativamente sua abundância ao longo dos meses subsequentes. As menores abundâncias foram constatadas de agosto a dezembro em 2017 (figura 9).

A Figura 10 apresenta a proporção de juvenis em relação ao número total de minhocas mostrando que a predominância de juvenis nunca foi inferior a 90% da população e se manteve estável durante todos os meses.

Os casulos de *Pontoscolex corethrurus* apareceram em tres períodos do ano. Houve ocorrência a aproximadamente cada 4 meses, nos meses de setembro de 2017 e 2018, janeiro 2018 e maio/junho de 2018 e a menor densidade de casulos ocorreu no período de maio/junho. (Figura 11).

No gráfico da figura 12 observamos a estimativa de fecundidade, considerando o número de jovens coletados em relação ao número de adultos no mês anterior. Observa-se que a maior fecundidade se concentrou no período de abril e maio de 2018.

Figura 7 - Média da biomassa de *P. corethrurus* em cada mês ao longo do período de estudo.

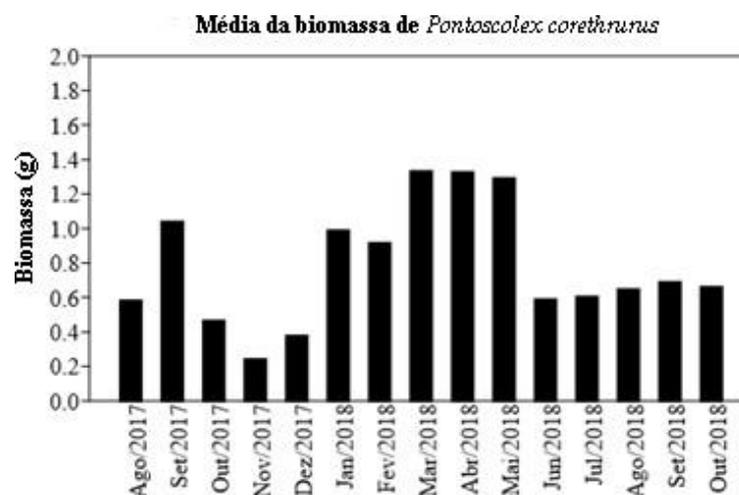


Figura 8 - Abundância de adultos de *P. corethrurus* em cada mês ao longo do período de estudo.

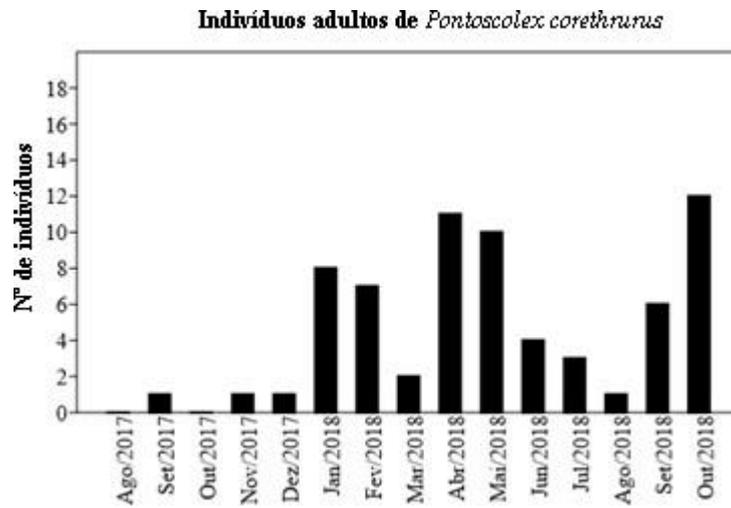


Figura 9 - Abundância de juvenis de *P. corethrurus* em cada mês ao longo do período de estudo.

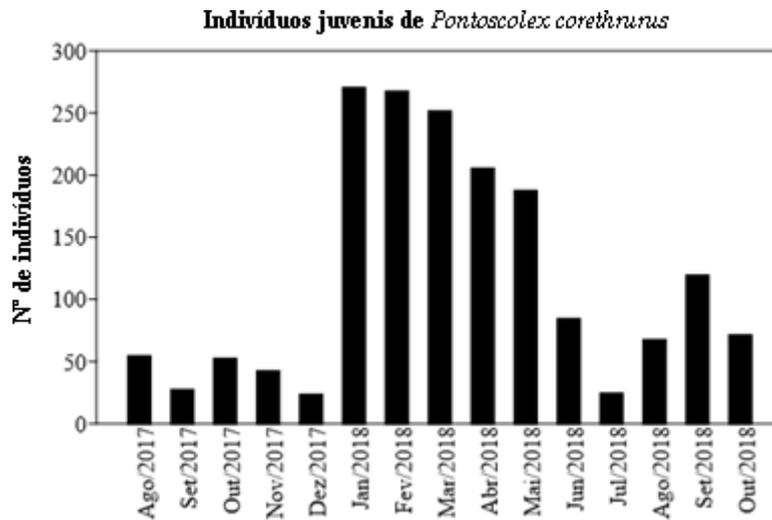


Figura 10 - Proporção de juvenis de *P. corethrurus* em cada mês ao longo do período de estudo.

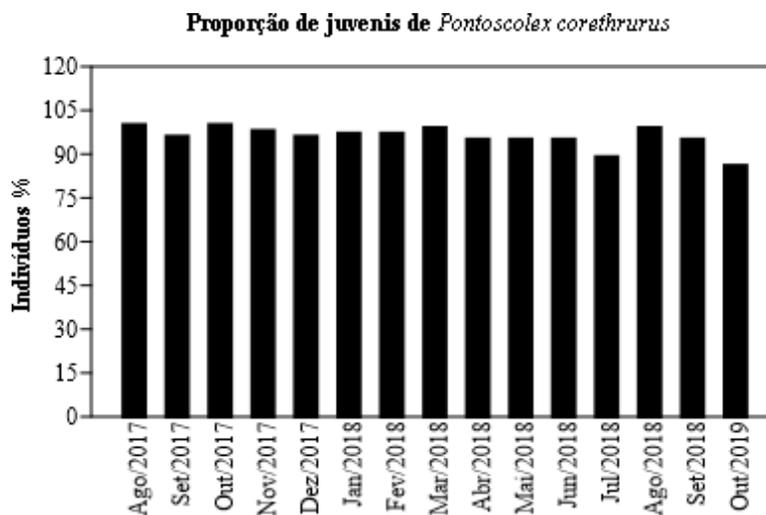


Figura 11 - Densidade de casulos de *P. corethrurus* em cada mês ao longo do período de estudo.

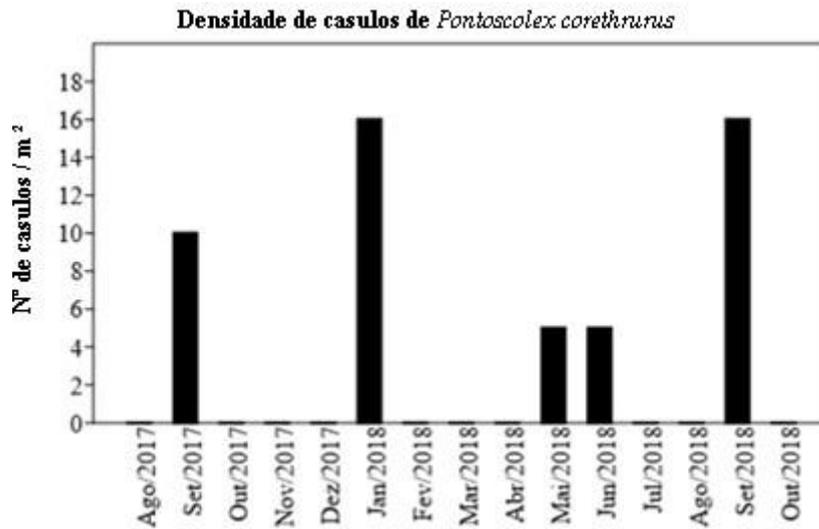
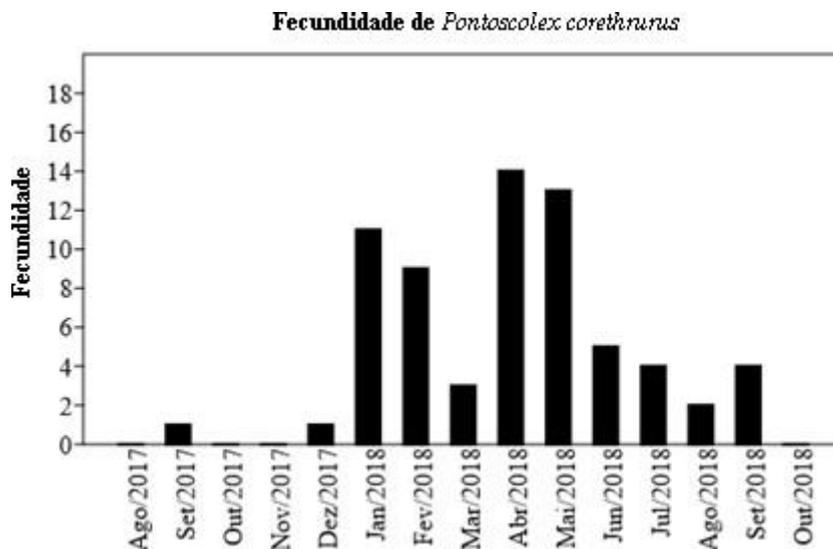


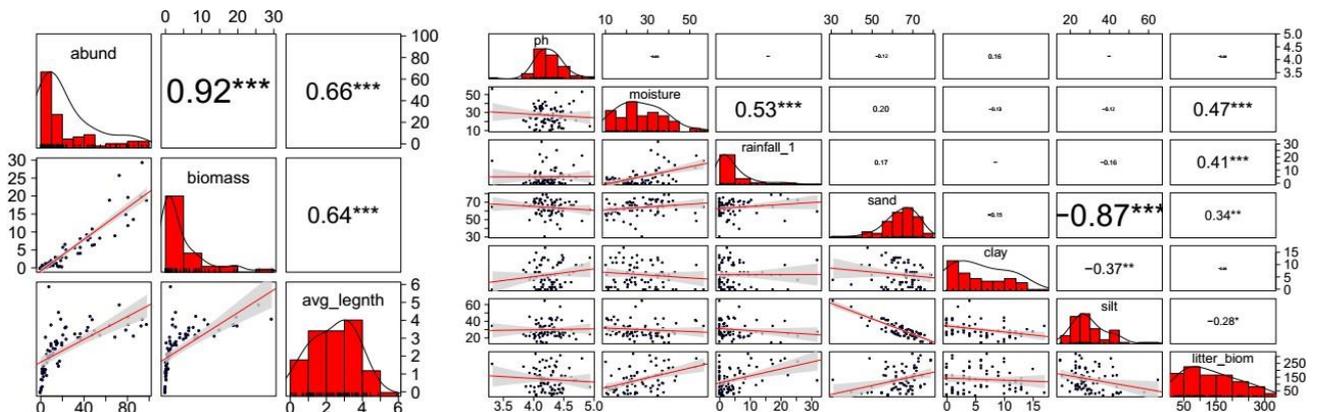
Figura 12 - Fecundidade de *P. corethrurus* ao longo do período de estudo. Cálculo baseado no número de jovens coletados por número de adultos coletados no mês anterior.



### 7.3 Influência das variáveis ambientais sobre a distribuição espaço-temporal de *P. corethrurus*.

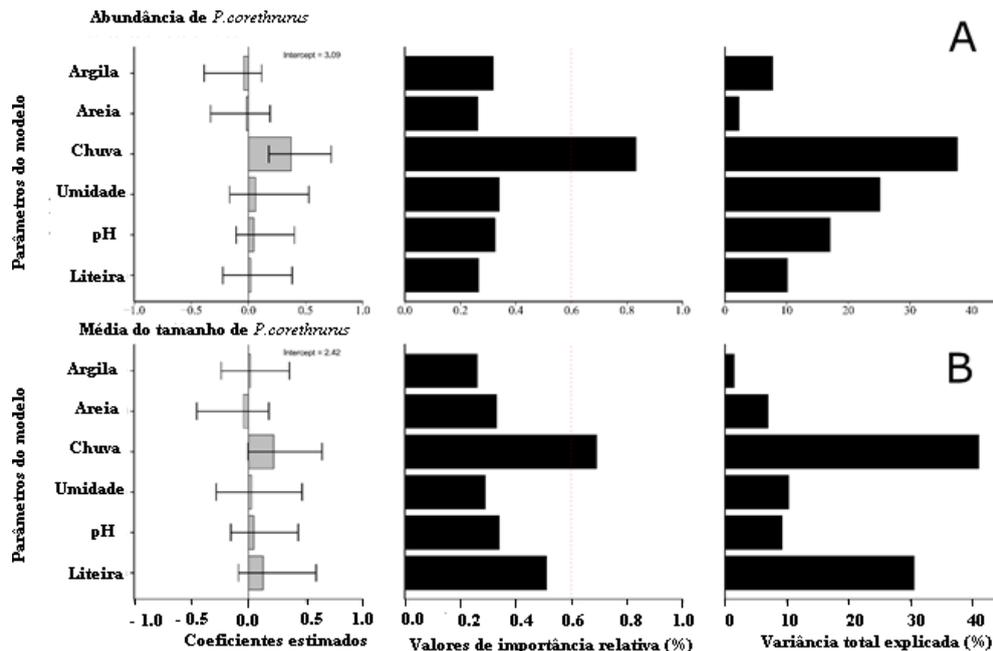
Nas análises exploratórias dos dados foi verificado que entre as variáveis respostas a abundância de *P. corethrurus* foi altamente correlacionada com a biomassa acumulada ( $r = 0.92$ ). Diante desse resultado escolheu-se trabalhar com a abundância de *P. corethrurus* como variável resposta, sendo também um proxy para a biomassa. Para as variáveis explicativas somente a porcentagem de areia e silte foram correlacionadas ( $r = -0.87$ ), desta forma a porcentagem de silte foi excluída para construção do modelo global (Figura 13).

Figura 13 - Distribuição de minhocas segundo a inferência por múltiplos modelos sobre os fatores de precipitação interna da floresta, textura do solo, liteira e umidade.



Os parâmetros de densidade (abundância e biomassa) responderam positivamente somente a pluviosidade local. Essa variável foi a indicada em aproximadamente 80% dos melhores modelos concorrentes e contribuiu com quase 40% de explicação da variação total (Figura 14A). No entanto, para o parâmetro de desenvolvimento (comprimento médio) nenhuma variável coletada pôde ser considerada preditora de sua variação.

Figura 14 - Modelo GLM para as variáveis ambientais relacionadas as variáveis de *P. corethrus*; A) Abundância de *P. corethrus* ; B) Média do tamanho de *P. corethrus*.



## 8 DISCUSSÃO

A riqueza encontrada neste estudo foi compatível com outros sítios da Amazônia (MARICHAL *et al.*, 2017), no entanto nota-se um padrão de baixa abundância e distribuição rarefeita das espécies nativas e predominância de *P. corethrus*. Como a região carece de

inventários exaustivos de minhocas em áreas de floresta pristina não é possível avaliar o quanto as populações das espécies nativas podem estar rarefeitas em função de fatores de isolamento e perturbação da floresta.

O principal indicativo de alteração na comunidade é a dominância de *Pontoscolex corethrurus*. O estudo demonstra que a *Pontoscolex corethrurus*, predominou em toda amostragem. Esta é uma espécie invasiva, dominante em áreas agrícolas e em florestas perturbadas por atividades humanas. Geralmente é ausente ou pouco abundante em ecossistemas florestais prístinos, mas tende a colonizar ambientes próximos aqueles ambientalmente antropizados (TAHERI *et al.*, 2018). Outro indicativo importante foi a baixa diversidade funcional encontrada nas comunidades, a fauna de Oligochaeta em áreas de florestas bem preservadas é normalmente representada por espécies geófagas e são encontradas nos diversos estratos do solo (BROWN; JAMES, 2007; STEFFEN, 2013) a ocorrência de apenas espécies endéicas indica um empobrecimento da fauna

A área de coleta deste projeto apesar de apresentar fisionomia florestal originária, se localiza próxima de uma pastagem e está isolada de outros remanescentes de floresta de terra firme por muitos quilômetros. Ayres; Guerra (1981) indicam) *P. corethrurus* como uma das duas únicas espécies que foram coletadas em ambiente de terra firme nas proximidades da cidade de Manaus. Marichal *et al.* (2010), pesquisando na Amazônia Brasileira e Colombiana, reportam a presença desta espécie em áreas de floresta apesar de nestes ambientes a espécie apresentar densidades inferiores em relação às áreas de pasto (de 67,6 ind.m<sup>2</sup> em florestas para 100,1 ind.m<sup>2</sup> em áreas de pastagens). O presente estudo encontrou densidade desta espécie similar às encontradas por Marichal e colaboradores nas áreas de pasto.

*Pontoscolex corethrurus* representou 96,94% da densidade total de minhocas na área e 97,53% da biomassa. Deve-se notar, no entanto, que nesta amostragem relativamente limitada, 7 morfoespécies, representantes nativas apareceram só que em densidades muito baixas e com ocorrência dispersa. A maior parte das espécies de minhocas possuem distribuição geográfica limitada. Espécies com distribuição pan-tropical costumam viver em ambientes orgânicos ricos, como no caso a *Pontoscolex corethrurus* (BLAKEMORE, 2009; LEE, 1985). Suas populações são geralmente concentradas nos 10 cm superiores do solo (BARETTA *et al.*, 2005), observou-se aqui que o estrato preferencial da espécie *P. corethrurus* foi de 0-10 cm do solo com redução gradativa nos demais estratos. Este padrão foi independente da época do ano. A dieta dessa espécie é estritamente geófaga, portanto,

pode ser classificada entre as categorias fenênicas polifúnicas e mesohumicas, ou seja, alimentada de vários compostos orgânicos, uma vez que os moldes geralmente têm um conteúdo de matéria orgânica maior do que o volume do solo circundante (BROWN; JAMES, 2007; STEFFEN, 2013). Estes atributos explicam sua ocorrência mesmo em ambientes deteriorados.

Segundo Bhattacharjee; Chaudhuri (2002); García; Fragoso (2002), *P. Corethrurus* desenvolve-se de forma contínua e com alta fecundidade, e em condições de laboratório um adulto de *P. corethrurus* pode produzir até 145 casulos por ano e possui um prazo curto de desenvolvimento variando de 21 a 40 dias (ORTIZ-CEBALOS *et al.*, 2009; NAIR *et al.*, 2009). A taxa de eclosão dos casulos é alta, variando de 78 a 97 %, dependendo da temperatura, em condições de solo úmido (LAVELLE *et al.*, 1987). O presente resultado reforça o aparecimento de casulos também em períodos considerados menos chuvosos, mas com um forte efeito da precipitação interna local assegurando a umidade no solo, favorecendo esta que é considerada uma espécie eurihígrica (SILVA; CASTRO, 2009), por ser uma minhoca abundante numericamente e resistente tanto a ambientes mais secos quanto mais úmidos. A presença constante de jovens em todas as épocas do ano reforça esta hipótese.

Neste estudo foi demonstrado que 80% da variação populacional de *P. corethrurus* foi condicionada pela precipitação. Nos estudos de Römbke *et al.* (1999) na Amazônia Central, os meses de maior biomassa desta espécie foram março de 1998 e 1999, os quais apresentaram maior pluviosidade, e onde foram encontrados aproximadamente 90 indivíduos por m<sup>2</sup>, e para Barros *et al.* (2004) a atividade de minhocas foi observada na superfície do solo com cerca de 50 – 90% no solo úmido no período chuvoso. A densidade máxima da espécie na área de estudo também foi notada nos meses chuvosos de dezembro e janeiro.

Com relação as variáveis ambientais somente a chuva mostrou influenciar a variação de abundância. Resultados semelhantes foram obtidos Grimaldi *et al.* (1993). Ele demonstrou que a constituição granulométrica e mineralógica dos solos argilosos da região do platô de Manaus apresentou variabilidade espacial mínima, mas que a estrutura do solo foi responsável pelas principais variações de teor de água do solo na estação chuvosa o que influenciou a abundância das minhocas. Enquanto as espécies nativas tendem a desaparecer, *P. corethrurus* ocupa um novo nicho criado pela perturbação do solo independente do conteúdo de nutrientes, pH, dentre outros elementos do solo, é uma espécie que se ajusta ao habitat (MARICHAL *et al.*, 2010).

Com relação aos aspectos demográficos observados neste estudo, confirma-se o

indicativo de capacidade de crescimento populacional contínuo para a espécie, confirmando os estudos desenvolvidos em ambientes de laboratório (LAVELLE 1978; ORTIZ-CEBALOS *et al.*, 2009; NAIR *et al.*, 2009). Também foi confirmada a favorabilidade do período chuvoso tanto para o acúmulo de biomassa quanto para o incremento da fertilidade desta espécie e com a maior acumulação proporcional de jovens nos meses mais chuvosos.

## 9 CONCLUSÃO

- Este trabalho identificou 4 novas espécies para ciência, ainda por serem descritas.
- A comunidade de Oligochaeta da reserva mocambo apresentou riqueza de 8 possíveis espécies. No entanto as espécies representaram uma única categoria ecológica e as espécies nativas ocorreram em baixa abundância e frequência, com distribuição esparsa. A dominância de *P. corethrurus* indica efeitos de perturbação neste remanescente florestal.
- *P. corethrurus* foi confirmada como espécie com crescimento populacional contínuo ao longo do ano, mas o período mais chuvoso foi o que acumulou maior biomassa e demonstrou maior fertilidade na população.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility**: a handbook of methods. 2a ed. UK, Oxford University, 1993.240p.
- ANUÁRIO de Belém, 2011. Disponível em: [http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO\\_2011/ANUARIO%202011%COMPLETO.pdf](http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO_2011/ANUARIO%202011%COMPLETO.pdf). Acesso: 13/04/2018.
- AYRES, I.; GUERRA, R. Água como fator limitante na distribuição das minhocas (Annelida, Oligochaeta) da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.11, p. 77-86, 1981.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; RIBEIRO, S.F.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.715-724, 2005.
- BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. **Applied Soil Ecology**, v.26, n.2, p.157-168, 2004.
- BARTON, K. MuMIn: multi-model inference. **R package version 1.43.6**. 2019. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>. Acesso em: 16/08/2019.
- BASTOS, T. X.; GOMES, J. I.; RODRIGUES, S. T. Aspectos bioclimáticos de uma Área de Conservação Florestal Urbana na Amazônia Brasileira. Cap 13. *In*: GOMES, J. I.; MARTINS, M. B.; MARTINS-DASILVA, R. C. **Mocambo**: diversidade e dinâmica biológica da área de pesquisa ecológica do Guamá (Apeg). Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi: Embrapa Amazônica Oriental, 2007. p. 317 – 330.
- BEEVER, E.A.; HALL, L.E.; VARNER, J.; LOOSEN, A.E.; DUNHAM, J.B.; GAHL, M.K.; SMITH, F.A.; LAWLER, J.J. Behavioral flexibility as a mechanism for coping with climate change. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.15, n.6, p. 299-308, 2017.
- BEIER, P.; BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Model Selection and Inference: a practical Information-theoretic approach. **The Journal of Wildlife Management**, n. 65, v.3, p.606, 2001.
- BHATTACHARJEE, G.; CHAUDHURI, P.S. J.B. Cocoon production, morphology, hatching pattern and fecundity in seven tropical earthworm species — a laboratory-based investigation, **Journal of Biosciences**, v. 27, n. 3, p. 283-294, 2002.
- BLAKEMORE, R.J. Cosmopolitan earthworms—a global and historical perspective. *In*: SHAIN, D.H. (ed.). **Annelids in modern biology**. United States of American: Wiley Blackwell, p. 257-283, 2009.
- BLOUIN, M.; HODSON, M. E.; DELGADO, E. A.; BAKER, G.; BRUSSAARD, L.; BUTT, K. R.; DAI, J.; DENDOOVEN, L.; PERES, G.; TONDOH, J.; CLUZAU, D.; BRUN, J.J. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. **European Journal of Soil Science**, v. 64, n. 2, p. 161-182, 2013.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 118-124, 2015.
- BOUCHÉ, M.B. **Lombriciens de France**: écologie et systématique. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1972. 671p.
- BOUCHÉ, M.B. Stratégies lombriciennes. **Ecological Bulletin**, p. 122-132, 1977.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de adaptação à mudança do clima**. 2015. Disponível em: [www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca\\_alimentar/caisan/Publicacao/Caisan\\_Nacional/PlanoNacionaldeAdaptacaoMudancadoClima\\_Junho2015.pdf](http://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/caisan/Publicacao/Caisan_Nacional/PlanoNacionaldeAdaptacaoMudancadoClima_Junho2015.pdf). Acesso em: 11/06/2018.
- BRIONES, A.; ÁLVAREZ-OTERO, B. Body wall thickness as a potential functional trait for assigning earthworm species to ecological categories. **Pedobiologia**, v. 67, p. 26-34, 2018.
- BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. (ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, p. 297-381, 2007.
- BUCH, C.A.; BROWN, G.G. Ciclo de vida e desenvolvimento de *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) em solo artificial tropical. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE ECOLOGIA E TAXONOMIA DE OLIGOCHAETA (ELAETAO4), 4., 2010, Curitiba, [Anais...] Curitiba: [s.n], 2010. p. 1- 4.
- BUCHHOLZ, J.; QUERNER, P.; PAREDES, D.; BAUER, T.; STRAUSS, P.; GUERNION, M.; SCIMIA, J.; CLUZEAU, D.; BUREAL, F.; KRATSCHEMER, S.; WINTER, S.; POTTHOFF, M.; ZALLER, J.G. Soil biota in vineyards are more influenced by plants and soil quality than by tillage intensity or the surrounding landscape. **Scientific Reports**, v.7, n.17445, p.12, 2017.
- BURNHAM, K.P.; DAVID, R. A.; KATHRYN, P.H. AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and ions, and comparisions. **Behavioral Ecology Sociobiology**, v. 65, n. 1, p. 23-35, 2011.
- CHATELAIN, M.; MATHIEU, J. How good are epigeic earthworms at dispersing? An investigation to compare epigeic to endoigeic and anecic groups. **Soil biology & Biochemistry**, v. 111, p. 115-123, 2017.
- WALSH, C.; MAC NALLY, R. Hier. part: Hierarchical partitioning. **R package version 1.0-4**. 2013. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=hier.part>. Acesso em: 13/09/2019.
- COLEMAN, D.C.; MAC, A.; CALLAHAN, D.A.; CROSSLEY, JR. **Fundamentals of soil ecology**. [S.l.]: Academic press. 2018. 369p.
- DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. Agriculture, **Ecosystems & Environment**, v. 103, n. 2, p. 301-312, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF, 2017. 573p.
- FAGUNDES, D. N.; TAVARES-MARTINS, A. C.; ILKIU-BORGES, A. L.; MORAES, E. R.; SANTOS, R. D. C. dos. Riqueza e aspectos ecológicos das comunidades de briófitas (Bryophyta e Marchantiophyta) de um fragmento de Floresta de Terra Firme no Parque Ecológico de Gunma, Pará, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, v. 71, n. 1, p. 72-84, 2016.
- FEIJOO, A.; GIL, C. Tres nuevas especies de Righiodrilus Zicsi 1995 (Annelida, Oligochaeta: Glossoscolecidae) de la Amazonía colombiana. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 231-240, 2010.
- FERREIRA, G.; CASSUNDÉ, S.; MARCELO, J.; PELOSO, P. Amphibians and reptiles from Floresta Nacional de Pau-Rosa, Amazonas, Brazil: an important protected area at the heart of Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 3, p. 259-268, 2017.

- FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.35, n.1, p.55-62, 2005.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. The Earthworm community of a Mexican tropical rainforest (Chajul, Chiapas), in on earthworms (eds A.M. Bonvicini and O. Omodeo), Mucchi, **Modena**, 1987. p. 281-295.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B.K.; BLANCHART, E. E RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. *In*: Lavelle, P.; Brussaard, L. and Hendrix, P. (Eds.) - **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon, CAB International, p. 1-26, 1999.
- GARCÍA, J.A.; FRAGOSO, C. Growth, reproduction and activity of earthworms in degraded and amended tropical open mined soils: laboratory assays. **Applied Soil Ecology**, v. 20, n. 1, p. 43-56, 2002.
- GRIMALDI, M., SARRAZIN, M., CHAUVEL, A., LUIZÃO, F., NUNES, N., RODRIGUEZ, M.DE R., AMBLARD, P., TESSIER, D. Effets de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d'Amazonie brésilienne. **Cahiers Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 36-47, 1993.
- HAMOUI, V.; DONATELLI, R.J. Uma espécie nova de oligochaete, glossocolecidae, glossodrilus (G) baiuca, sp.n., do território de Roraima. Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 43, p. 143-146, 1983.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Localização da Reserva Mocambo. 2010. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/interativos/ferramentas/censo-2010.tml>. Acesso em: 01/05/2018.
- Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC. **Summary for policymakers. Climate change: impacts, adaptation and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the fifth Assment Report of the Intergovernmental Pandon Climate Charge.** Cambridge University Press, p.1-32, 2014.
- KAMAU, S.; BARRIOS, E.; KARANJA, N. K.; AYUKE, F. O.; LEHMANN, J. Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases along a soil degradation gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 112, p. 35-46, 2017.
- LAVELLE, P. Les vers de terre de la savane de Lamto (Côte D'Ivoire) Peuplements, populations et fonctions dans l'écosystème. **École Normale Supérieure publications du Laboratoire de Zoologie**, p.325, 1978.
- LAVELLE, P.; BAROIS, I.; FRAGOSO, C. Adaptative strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochæta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. **Biology and Fertility of Soils**, v. 5, n. 3, p. 188-194, 1987.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 677p.
- LAVELLE, P, P.; SENAPATI, B.; BARROS, E. Soil macrofauna. *In*: SCHROTH, Goetz; SINCLAIR, Fergus L. (ed.). **Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods**.Trowbridge: CABF Publishing, 2003.p.303-323.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A., BLOUIN, M.; BROWN, G.; DECAËNS, T.; GRIMALDI, M.; ZANGERLÉ, A. Ecosystem Engineers in a Self-organized Soil. **Soil Science**, v. 181, n. 3/4, p. 91-109, 2016.
- LEE, K.E.E. **Earthworms, their ecology and relations with soils and land use**. Sydney : Academic Press, p.411, 1985.
- MARICHAL, R.; MARTINEZ, A. F.; PRAXEDES, C.; RUIZ, D.; CARVAJAL, A. F.;

- OSZWALD, J. Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazônian deforestation arc. **Applied Soil Ecology**, v. 46, n. 3, p. 443-449, 2010.
- MARICHAL, R.; PRAXEDES, C.; DECAËNS, T.; GRIMALDI, M.; OSZWALD, J.; BROWN, G. G.; LAVELLE, P. Earthworm functional traits, landscape degradation and ecosystem services in the Brazilian Amazon deforestation arc. **European Journal of Soil Biology**, v. 83, p. 43-51, 2017.
- MONTEIRO, A.M.S.; SANTOS, J.U.M.; BASTOS, M.N.C.; JARDIM, M.A. Contribuição ao estudo fenológico das espécies do gênero *Inga* P. Müller (Leguminosae – Mimosoidae), ocorrentes na Reserva Mocambo, Belém, Pará. *In*: GOMES, J.I.; MARTINS, M.B.; ALMEIDA, S.S. **Mocambo: diversidade e dinâmica biológica da área de pesquisa ecológica do Guamá**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, 2007. p.292-305.
- NAIR, K.; MANAZHY, J.; MANAZHY, A.; REYNOLDS, J.W. Biology of cocoons of five species of earthworms (Annelida: Oligochaeta) from Kerala, India. **Megadrilogica**, v.13, n.1, 2009.
- NIELSEN, U. **Soil assembleblages**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. 365p.
- ORTIZ-CEBALLOS, A. I.; GARCIA, M. E. C.; GALINDO-GONZÁLEZ, J. Nest and feeding chamber construction for cocoon incubation in the tropical earthworm: *Pontoscolex corethrurus*. **Dynamic Soil, Dynamic Plant 3 (Special Issue 2)**, v. 3, n. Special Issue 2, p. 15-18, 2009.
- ORTIZ-CEBALLOS, A. I.; ORTÍZ-GAMINO, D.; ANDRADE-TORRES, A.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, P.; LOPEZ-ORTEGA, M. *Pontoscolex corethrurus*: a Homeless Invasive Tropical Earthworm? **Inbioteca**, p.13, 2019.
- PANTOJA, M.V. **A precipitação pluviométrica e as variações florísticas da regeneração natural em floresta de várzea na Amazônia Oriental**. 2016. 112f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: **Embrapa**, p.370, 2015.
- PIRES, T, J. M.; SALOMÃO, R. P. Histórico Científico, institucional e perspectivas atuais na Área de Pesquisa Ecológica do Guamá – Apeg, da Embrapa Amazônia 68 Oriental, Belém, Pará. Cap2. *In*: GOMES, J. I.; MARTINS, M. B.; MARTINS-DASILVA, R. C. **Mocambo: diversidade e dinâmica biológica da área de pesquisa ecológica do Guamá (Apeg)**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi: Embrapa Amazônica Oriental, p. 29 – 40, 2007.
- R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acessado em: 09/09/2019.
- RHEA-FOURNIER, D.; GONZALEZ, G. Methodological Considerations in the Study of Earthworms in Forest Ecosystems. **Forest Ecology and Conservation**, p. 47-76, 2017.
- RIGHI, G. **Minhocas: de Mato Grosso e de Rondônia**. Brasília, DF: CNPq, 1989. 77p.
- RIGHI, G. Adições ao gênero *glossodrilus* (Oligochaeta, glossocolecidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, p.55-64, 1982.
- RÖMBKE, J.; GARCIA, M. **Soil fauna and litter decomposition in primary and secondary forests and a mixed culture system in Amazônia**. Manaus: SMNK/Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. p.152-167.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Revista e Ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 102p.

SANTOS, B.T.S.; BARTZ, M.L.; GARCÍA, L.M.H.; ROUSSEAU, G.X.; MARTINS, M.B.; JAMES, S.W. Novas espécies de minhocas Righiodrilus (Clitellata, glossocolecidae) da Amazônia Oriental. **Zootaxa**, v. 4242, n. 2, p. 392-400, 2017.

SILVA, C. C.; CASTRO, G. A. Abundância e biomassa de *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) (Oligochaeta, Glossoscolecidae) em solos cambissolos, neossolos e latossolos brunos na reserva biológica municipal Poço d'Anta – Juiz de Fora – MG. *In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC*, 61<sup>a</sup>., 2009, Manaus. Amazônica: Ciência e Cultura, Manaus- Amazonas, 2009. v. único, p.1-2. C. Ciências Biológicas - 14. Zoologia - 5. Zoologia Aplicada. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/61ra/resumos/resumos/4140.htm>. Acesso em:01/12/2019.

TAHERI, S.; PELOSI, C.; DUPONT, L. Harmful or useful? A case study of the exotic peregrine earthworm morphospecies *Pontoscolex corethrurus*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 116, p. 277-289, 2018.

TOWNSEND, C.R. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: ARTMED, 2010. 576p.

WEIGERT, A.; BLEIDORN, C. Current status of annelid phylogeny. **Org Divers Evol**, v. 16, n. 2, p. 345-362, 2016.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution**, v.1, n.1, p. 3–14, 2009.